

Une première vision des changements environnementaux dans le delta du Danube : palynologie de la carotte 14 prélevée le long du canal Şontea

Mihaela DANU et Erwan MESSAGER

Dans le secteur nord-ouest du bassin de la mer Noire, les enregistrements palynologiques et paléoécologiques proviennent essentiellement du sud de la Dobroudja, au nord-est de la Bulgarie : le complexe du lac Durankulak (Bozilova, Ivanov, 1985 ; Bozilova, Tonkov, 1985, 1998, 2002 ; Marinova, 2003 ; Marinova, Atanassova, 2006 ; Tonkov *et al.*, 2014), le lac Shabla-Ezeretz (Filipova, 1985 ; Filipova-Marinova, Bozilova, 1990), le lac Varna (Bozilova, Beug, 1994 ; Marinova *et al.*, 2016), le lac Bolata (Tonkov *et al.*, 2011), le lac Arkutino (Bozilova, Beug, 1992) et le lac Oltina (Feurdean *et al.*, 2020). Ces travaux ont permis de reconstituer l'histoire de la végétation pour ces zones de steppes et de forêts-steppes (Bohn, Golub, Hettwer 2000). L'étude de séquences marines a également livré une dynamique régionale de la végétation de toute la région côtière de Dobroudja (Popes-

cu *et al.*, 2020 ; Filipova, Marinova *et al.*, 2013). Au sein de cette région, la zone du delta du Danube constitue un îlot écologique avec des formations végétales propres au contexte deltaïque. Bien que des lacs y soient abondants, les données palynologiques holocènes y sont extrêmement rares, car les dépôts sédimentaires (lacustres, lagunaires comme fluviatiles) ne semblent pas favorables à la préservation ou à l'enregistrement du matériel sporo-pollinique (Danu *et al.*, 2019). Après de nombreuses tentatives d'extractions polliniques sur plusieurs carottes du delta, nous avons enfin réussi à identifier une séquence sédimentaire (Log. 14) ayant conservé un signal pollinique. La carotte 14, prélevée dans un paléo-chenal du canal de Şontea s'est avérée peu propice pour tenter la reconstruction du paléo-environnement contemporain de l'habitat chalcolithique de Taraschina (fig. 1 et 2).

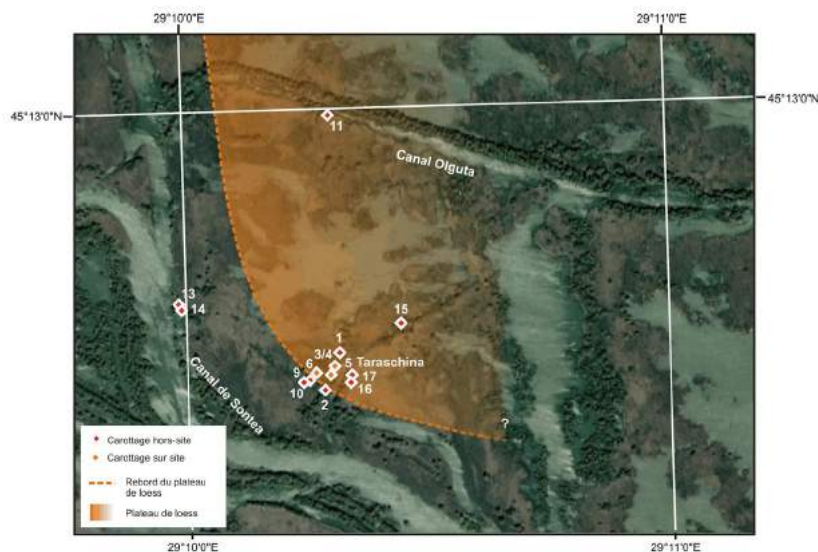


Figure 1

Localisation du Log 14 et de l'ensemble des carottages réalisés en marge du tell de Taraschina.

En effet, l'étude géomorphologique (voir Carozza *et al.*, ce volume) révèle l'existence de hiatus chronologiques et de phases hydrologiques actives (dépôts de sables), peu propices à la conservation du matériel sporo-pollinique (fig. 2). Toutefois, la possibilité de disposer d'une carotte prélevée dans la zone centrale du delta du Danube et livrant du pollen nous a conduit à tenter une reconstitution des paléoenvironnements de cette zone à l'aide des pollens et des micro-fossiles non polliniques (MNP).

Ce travail permet une première description des assemblages polliniques contemporains de l'âge du Bronze. Il apporte de nouvelles données sur la connaissance des paléoenvironnements dans le delta du Danube, où peu d'informations sont disponibles.

1. Matériel et méthode

La carotte 14 est située 450 m à l'ouest du tell (fig. 1). Les échantillons ont été collectés avec un pas d'échantillonnage de 5 cm lorsque cela était possible. Pour chaque échantillon, un micro-prélèvement de 2 g a été soumis au protocole d'extraction des spores et des grains de pollen correspondant aux méthodes définies par Faegri, Iversen (1989), adaptées par A. Mazuy

(Assistant Ingénieur-chimiste au laboratoire CEPAM Nice). Chaque échantillon de sédiment a fait l'objet d'attaques chimiques acido-basiques (acide chlorhydrique 50 %, acide fluorhydrique 70 %, hydroxyde de potassium 10 %) afin d'éliminer l'ensemble de la matrice sédimentaire minérale et organique. Par la suite, les échantillons ont fait l'objet d'une lévigation en liqueur dense, adaptée à l'analyse pollinique des sédiments d'origine minérale, comme les sédiments archéologiques ou marins. Les préparations ont été montées entre lame et lamelle puis observées au moyen d'un microscope "Zeiss standard™" (X650, X1000) (fig. 3). La détermination des spores et des grains de pollen a été effectuée à l'aide des ouvrages et atlas de référence (Reille, 1992 ; Beug, 2004), ainsi que de la collection de référence palynologique.

Le pollen était bien préservé dans la partie moyenne de la carotte. En revanche, les échantillons correspondant aux niveaux les plus profonds sont stériles (ni pollen, ni microfossiles non polliniques), à l'exception d'un seul échantillon situé à 505 cm.

Les dates 14C réalisées sur cette séquence montrent que seuls les dépôts inférieurs sont contemporains de la fin de l'occupation chalcolithique de Taraschina. Or le matériel pollinique n'est malheureusement pas bien

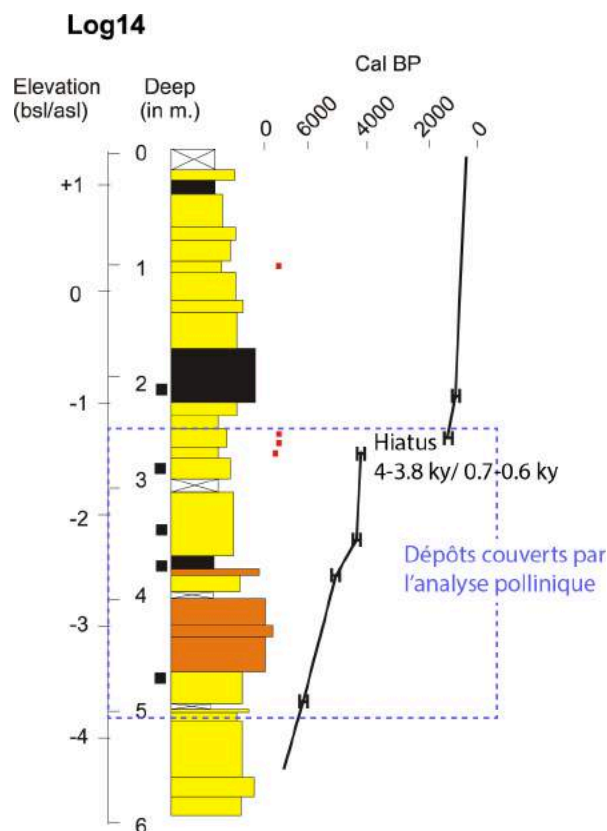


Figure 2
Stratigraphie et modèle d'âge de la séquence sédimentaire LOG 14.

préservé dans ces dépôts. Les données palynologiques nous permettent donc de documenter essentiellement l'environnement contemporain de la période qui succède à l'occupation chalcolithique du tell : l'âge du Bronze, puis de la période postérieure aux XIII-XIV^e siècles en raison d'un important hiatus entre 4000 et 600 cal BP (fig. 1).

Le diagramme palynologique a été réalisé à l'aide du logiciel Tilia. Une analyse CONISS a été employée pour identifier quatre zones polliniques : PAZ (Pollen Assemblage Zones) (fig. 4).

2. Résultats et interprétation

La séquence est dominée par les herbacées (entre 50 et 80 %) : *Chenopodiaceae*, *Poaceae*, *Artemisia*, *Asteraceae*, *Astroideae*, *Apiaceae*. Les assemblages indiquent un milieu ouvert dans lequel on observe des taux importants de *Chenopodiaceae* (entre 20 et 60 %). L'abondance de ces taxons est très probablement liée à la progression des espaces d'eau saumâtre. De nombreuses espèces de cette famille sont des plantes halophiles (par exemple : *Salicornia*

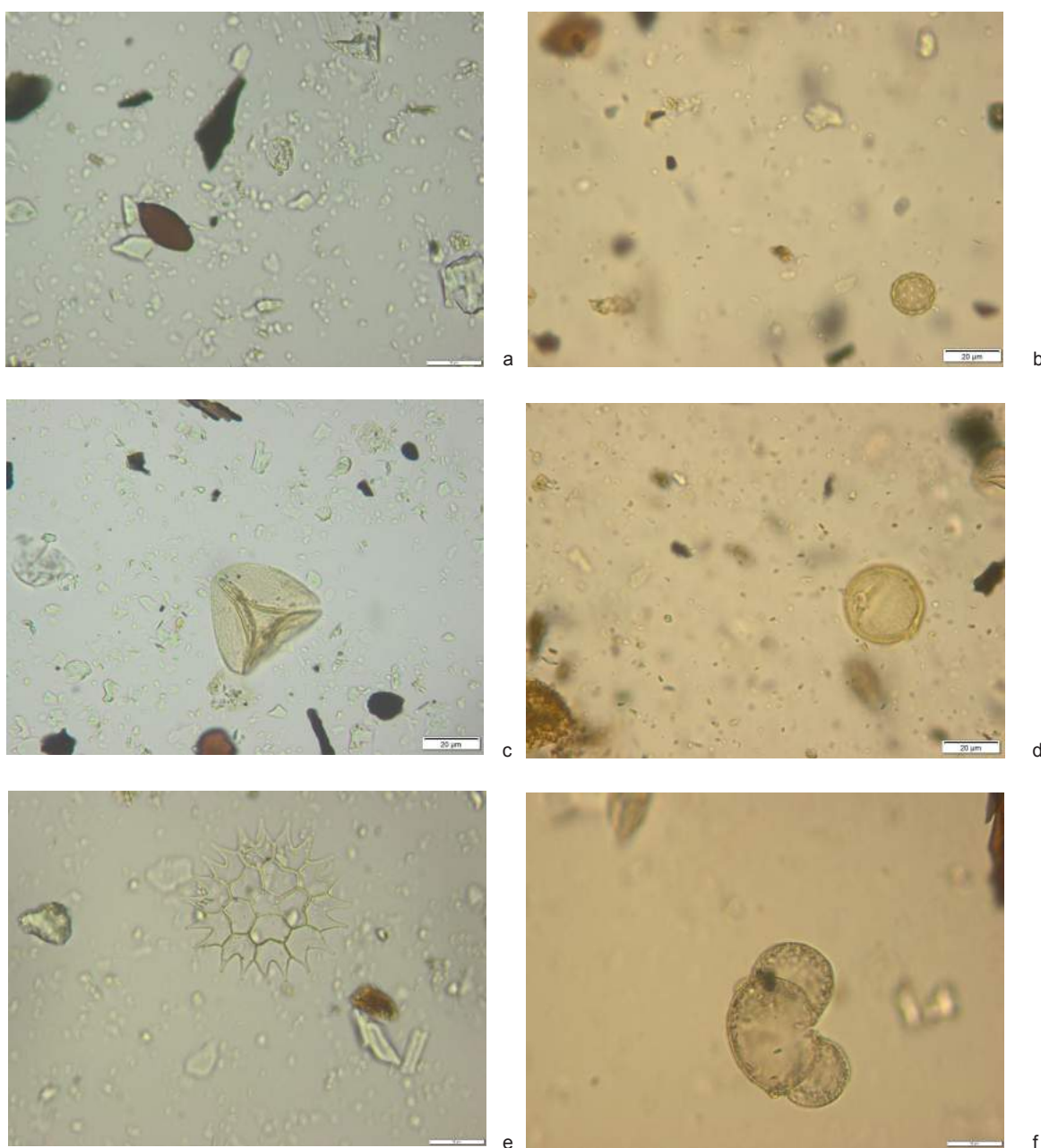


Figure 3

Spores et grains de pollen extraits du Log 14 – Taraschina. a : *Cercophora* ; b : *Chenopodiaceae* ; c : *Nymphoides* ; d : *Fagus* ; e : *Pediastrum* ; f : *Pinus*.

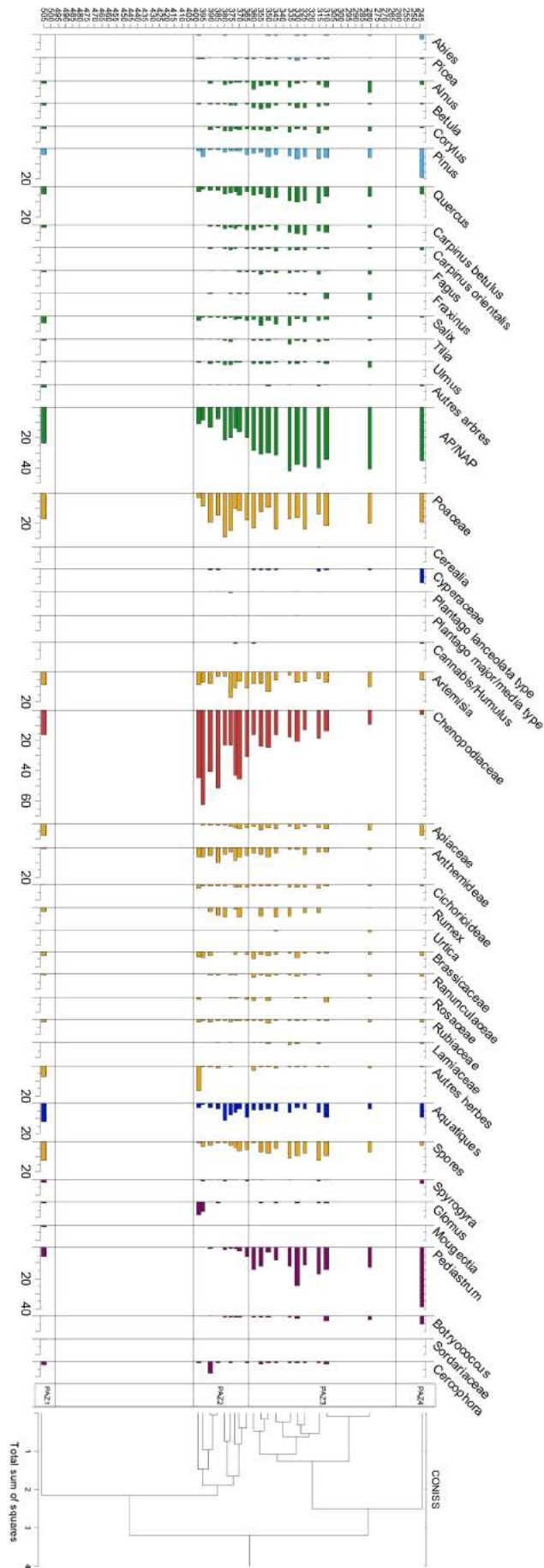


Figure 4
Diagramme palynologique de la séquence sédimentaire LOG 14.

sp., *Suaeda* sp., *Bassia hirsuta*, *Salsola soda* etc.). Les familles Asteraceae, Caryophyllaceae, Poaceae, Brassicaceae peuvent aussi inclure des espèces halophiles.

2.1. Évolution des assemblages selon les 4 zones polliniques locales (PAZ) identifiées

PAZ1 [505 cm]

Cette zone ne correspond qu'à un seul échantillon, situé à la profondeur de -505 cm. L'assemblage est dominé par les Poacées et les Chénopodiacées (environ 40 % ensemble). Le taux d'arbre est faible (AP < 25 %). On mentionne la présence de *Quercus*, *Carpinus*, *Tilia*. Le diagramme montre aussi la présence de quelques grains de *Fagus*.

L'occurrence de spores de *Glomus* (HdV-207), un bon indicateur de l'érosion des sols (van Geel, 2001), accompagnées des spores de champignons coprophiles (*Cercophora* - HdV-112, *Coniochaeta cf. ligniaria* - HdV-172, *Sordaria* - HdV-55), pourrait être interprétée comme un indice d'activité anthropique. Le reste de l'assemblage ne donne aucun signe en ce sens : pas de céréales, pas de marqueurs polliniques de pastoralisme. D'après le modèle d'âge, les sédiments analysés (505 cm de profondeur) sont sans doute déjà postérieurs à l'occupation chalcolithique (postérieurs à 4100 cal BC) et ils semblent donc témoigner de l'abandon de cet espace pour l'agriculture.

On observe aussi la présence importante (20 %) de taxons aquatiques et hygrophiles (*Sparganium*, *Alisma plantago-aquatica*, *Nymphoides*). Les zygospores d'algues comme *Pediastrum*, *Mougeotia*, *Spyrogira* sont les marqueurs des variations hydrologiques et trophiques de la zone de dépôt. *Spyrogira* et *Pediastrum* peuvent indiquer dans ce cas l'élévation du niveau de l'eau, de façon durable et importante.

PAZ2 [398 - 370 cm]

Dans cette zone, les arbres sont encore moins bien représentés (10% < AP < 20%) que dans la PAZ1. *Quercus* reste le taxon forestier majoritaire. Les assemblages sont nettement dominés par les Chénopodiacées (jusqu'à 60%). Par rapport à la PAZ1, les Poacées et les Asteracées enregistrent une hausse. Quelques grains de pollen de plantes messicoles (*Polygonum*, Rubiaceae) et des plantes de lieux piétinés et pâturés (*Plantago*, *Artemisia*, *Rumex*, etc.) peuvent être considérés comme de légers indices polliniques d'anthropisation. Un pic de *Cercophora* est enregistré au cours de cette phase. Il faut mentionner que ce genre regroupe plus

de 50 espèces, dont seule une moitié est coprophile et l'autre non (Doveri, 2004 ; Cugny, 2011).

On peut dès lors supposer qu'il s'agit d'une période plus favorable aux activités agro-pastorales, d'autant que les taxons hygrophiles et aquatiques sont en baisse par rapport à la PAZ1, mais les indices d'anthropisation sont ici encore très ténus. On observe aussi que *Pediastrum* et *Botryococcus* sont presque absents.

PAZ3 [369 - 243 cm]

Le sommet de la séquence est marqué par un accroissement de la représentation des arbres (AP) et une nette diminution des Chénopodiacées. Des formations forestières sont attestées et sont mieux représentées que dans les deux premières zones (PAZ1 et PAZ2). On observe une forêt caducifoliée (chêne, charme, tilleul) et on enregistre aussi des taxons caractéristiques de la ripisylve, tels que *Alnus* et *Salix*.

Les Poacées présentent une relative stabilité. Un seul grain de pollen de *Cerealia* a été identifié. On observe également des pollens de taxons messicoles et de plantes des lieux piétinés et pâturés.

Les spores des champignons coprophiles sont présentes, mais leurs valeurs restent faibles.

PAZ4 [244 cm]

Les pourcentages de taxons hygrophiles et aquatiques sont en hausse. Dans cette zone, on observe le signal d'une modification des conditions édaphiques, les valeurs de *Pediastrum* et *Botryococcus* étant en hausse. Bien qu'il s'agisse d'algues d'eau douce, ces deux taxons peuvent également tolérer de faibles valeurs de salinité. Cet assemblage est marqué par la hausse des conifères (*Pinus*, *Abies* et *Picea*).

2.2. Tentative de reconstruction de l'histoire de la végétation

Les études palynologiques antérieures montrent que, au début de l'Holocène, le sud de la Dobroudja (en Bulgarie) était recouvert d'une végétation steppique constituée de Poaceae, d'Asteraceae, de Chenopodiaceae et d'*Artemisia*, parsemée de groupements arborés de *Quercus*, *Carpinus*, *Corylus*, *Ulmus*, *Alnus* (Bozilova, Filipova, 1986). À partir de 8000 cal. BC, les arbres se répandent lentement et vers 6200 cal. BC, la région était couverte par une « sylvo-steppe » (Bozilova, Filipova, 1986 ; Bozilova, Tonkov, 1998 ; Filipova-Marinova, Bozilova, 1990). En ce qui concerne le delta du Danube, il est

encore difficile à ce jour de retracer l'évolution de la végétation pour la période Chalcolithique, faute de données polliniques contemporaines. Les assemblages polliniques du Log 14 mettent en évidence, pour la période correspondant à la fin de l'occupation chalcolithique, la prépondérance des Poacées et des Chénopodiacées, ainsi que la faible présence des arbres. Les taxons aquatiques et hygrophiles, comme les spores d'algues, suggèrent l'élévation du niveau de l'eau, de façon durable et importante.

Tandis que les données palynologiques attestent dans le nord-est de la Bulgarie la pratique de l'agriculture depuis le Néolithique et l'Énéolithique, dans la séquence sédimentaire du Log 14, pour la période Chalcolithique, il n'a pas été enregistré de grains de pollen de *Cerealia*.

Pour la période correspondant à l'âge du Bronze, les données palynologiques issues de l'analyse du log 14 permettent de reconstruire la dynamique d'une végétation de sylvo-steppe dans le delta du Danube. Ainsi, plusieurs formations forestières sont attestées : des forêts de chênes (*Quercus*) accompagnées de charmes (*Carpinus betulus*), de charmes d'Orient (*Carpinus orientalis*) et de tilleuls (*Tilia*). On remarque également la présence du hêtre (*Fagus*). On note l'existence des forêts riveraines, composées d'aulnes (*Alnus*), de bouleau (*Betula*), de saule (*Salix*). Le noisetier (*Corylus*), l'orme (*Ulmus*) et le frêne (*Fraxinus*) sont également enregistrés. Des taxons aquatiques, comme *Sparganium*, *Potamogeton*, *Butomus*, *Alisma* reflètent le caractère très faiblement saumâtre des eaux. Les signes d'une activité agro-pastorale sont très ténus dans cet enregistrement, ce qui montre que cet espace ne faisait pas l'objet d'une exploitation à cette période de l'âge du Bronze. Un seul grain de pollen de *Cerealia* a d'ailleurs été identifié.

Le dernier assemblage révélé par l'étude pollinique (daté de 600-700 cal BP) reflète un environnement très différent. Les arbres décidus y sont beaucoup plus rares. Les taux plus importants d'épicéa (*Picea*), de pin (*Pinus*) et de sapin (*Abies*) s'expliquent par des apports lointains, probablement issus des Subcarpathes de la Courbure. Comme au cours de l'âge du Bronze, nous enregistrons un léger signal d'activité agro-pastorale avec quelques pollens des plantes messicoles et plusieurs spores de champignons coprophiles.

Pour cette période, les données palynologiques et les microfossiles non polliniques indiquent un nouveau changement des paramètres édaphiques et hydrologiques avec un accroissement des plantes aquatiques et une raréfaction des Chenopodiaceae.

3. Conclusions

Les données palynologiques obtenues dans le cadre de cette étude ne sont pas très abondantes et couvrent une période restreinte de l'Holocène, mais dans un secteur où aucune donnée n'existait jusqu'à présent, elles ont le mérite de livrer une première image des formations végétales présentes durant l'âge du Bronze, puis au cours des derniers siècles.

Dans cet enregistrement pollinique, nous n'observons aucun témoignage direct de céréaliculture (à l'exception d'un unique grain de pollen de céréale), bien que, pour la période Chalcolithique, l'étude des phytolithes ait révélé une intense pratique agricole à Taraschina, au cœur du delta (Danu *et al.*, 2019). La quasi-absence de signaux d'anthropisation dans l'enregistrement pollinique de la séquence 14 pourrait s'expliquer par le fait que l'enregistrement pollinique débute juste à la fin de l'occupation chalcolithique et renseigne un environnement contemporain de l'âge du Bronze. C'est à partir de cette période que le secteur du delta du Danube semble se remettre en eau comme en témoignent les données sédimentologiques. Il est donc très probable que, à la fin de la période chalcolithique, la périphérie du site de Taraschina soit devenue un lieu peu propice à la céréaliculture, en raison de la progression des espaces d'eau, comme en témoigne l'augmentation des taxons hygrophiles. Ceci expliquerait la quasi-absence des signes d'agriculture dans l'enregistrement pollinique.

Les données polliniques obtenues permettent de décrire les formations forestières qui s'étendaient dans le secteur à l'âge du Bronze : ripisylve (aulne, saule) et forêt caducifoliée (chêne, charme, tilleul).

Une hausse des valeurs de pollen de pin, de sapin et d'épicéa est enregistrée pour la fin du Moyen-Âge. Les arbres semblent ainsi mieux représentés dans la partie finale de la séquence, mais il est actuellement difficile de reconstituer leur distribution passée dans le delta du Danube, car l'abondance de ces conifères est le reflet d'apports polliniques lointains.

Remerciements

Nous adressons nos plus sincères remerciements au CEPAM NICE (UMR 7264) et à GEODE (UMR 5602) qui nous ont permis de réaliser ce travail au sein de leur laboratoire. Mihaela Danu a bénéficié d'une bourse de postdoctorat financée par le Ministère des Affaires Étrangères (France).

Références bibliographiques

- Beug 2004** : BEUG (H.J.) – *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*, München: Pfeil.
- Bohn, Gollub, Hettwer 2000** : BOHN (U.), GOLLUB (G.), HETTWER (C.) – *Karte der natürlichen Vegetation Europas, Bundesamt für Naturschutz Federal Agency for Nature Conservation*, (Bohn-Bad Godesberg).
- Bozilova, Beug 1992** : BOZILOVA (E.), BEUG (H.J.) – On the Holocene history of vegetation in SE Bulgaria (Lake Arkutino, Ropotamo region), *Veget. Hist. Archaeobot.* 1, p. 19-32.
- Bozilova, Beug 1994** : BOZILOVA (E.), BEUG (H.J.) – Studies on the vegetation history of Lake Varna region, northern Black Sea coastal area of Bulgaria, *Veget. Hist. Archaeobot.* 3, p. 143-154.
- Bozilova, Filipova 1986** : BOZILOVA (E.), FILIPOVA (M.) – Palaeoecological environment in NE Black Sea area during Neolithic, Eneolithic and Bronze Periods, *Studia Praehistorica* 8, p. 160-165.
- Bozilova, Ivanov 1985** : BOZILOVA (E.), IVANOV (I.) – Palaeoenvironment in the area of the Varna Lake during Eneolithic and Bronze Age on the basis of palynological, paleoethnobotanical and archaeological evidence, *Bull Musee Nat. Varna* 21, p. 43-78.
- Bozilova, Tonkov 1985** : BOZILOVA (E.), TONKOV (S.) – Palaeoecological studies in Lake Durankulak. *Ann Univ Sofia Fac Biol (Bot)* 76, p. 25-30.
- Bozilova, Tonkov 1998** : BOZILOVA (E.), TONKOV (S.) – Towards the vegetation and settlement history of the southern Dobrudza coastal region, north-eastern Bulgaria: a pollen diagram from Lake Durankulak, *Veget. Hist. Archaeobot.* 7, p. 141-148.
- Bozilova, Tonkov 2002** : BOZILOVA (E.), TONKOV (S.) – Paleoeological evidence on the vegetation history and human occupation in the coastal area of Lake Durankulak, Northeastern Bulgaria, in H. Todorova (ed.), *Durankulak. Band II. Die Prähistorischen Grabfelder Von Durankulak, Teil 1*, Sofia, p. 309-312.
- Cugny 2011** : CUGNY (C.) – *Apports des microfossiles non-polliniques à l'histoire du pastoralisme sur le versant nord Pyrénéen : entre référentiels actuels et reconstitution du passé*, Géographie. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II. Français. <https://www.theses.fr/2011TOU20089>
- Danu et al. 2019** : DANU (M.), MESSENGER (E.), CAROZZA (J.-M.), CAROZZA (L.), BOUBY (L.), PHILIBERT (S.), ANDERSON (P.), BURENS (A.), MICU (C.) – Phytolith evidence of cereal processing in the Danube Delta during the Chalcolithic period, *Quaternary International* 504, p. 128-138.
- Doveri 2004** : DOVERI (F.) – *Fungi Fimicoli Italiani. A Guide to the recognition of Basidiomycetes and Ascomycetes living on faecal material*. (Ed), Associazione Micologia Bresadola, Trento, Italy, 1104 p.
- Fægri, Iversen 1989** : FÆGRI (K.), IVERSEN (J.) – *Textbook of pollen analysis*, Chichester: John Wiley and Sons.
- Feurdean et al. 2020** : FEURDEAN (A.), GRINDEAN (R.), FLORESCU (G.), TANȚĂU (I.), NIEDERMEYER (E.), DIACONU (A.-C.), HUTCHINSON (S.), NIELSEN (A.), SAVA (T.), PANAIT (A.), BRAUN (M.), HICKLER (T.) – The transformation of the forest steppe in the lower Danube Plain of south-eastern Europe: 6000 years of vegetation and land use dynamic, *Biogeosciences* 18 (3), p. 1081-1103.
- Filipova 1985** : FILIPOVA (M.) – Palaeoecological investigations of Lake Shabla- Ezeretz in NE Bulgaria, *Ecol Mediterr.* 11, p. 147-158.
- Filipova-Marinova, Bozilova 1990** : FILIPOVA-MARINOVA (M.), BOZILOVA (E.) – Palaeoecological investigation of Lake Shabla-Ezeretz on the Bulgarian Black Sea coast, in T. Krastev (ed) *Geological evolution of the western part of the Black Sea in Neogen-Quaternary*, Publishing House Bulg Acad Sci, Sofia, p. 41-87.
- Filipova-Marinova et al. 2013** : FILIPOVA-MARINOVA (M.), PAVLOV (D.), COOLEN (M.), GIOSAN (L.) – First high-resolution marinopalynological stratigraphy of Late Quaternary sediments from the central part of the Bulgarian Black Sea area, *Quaternary International*, 293, p. 170-183. doi:10.1016/j.quaint.2012.05.002
- Filipova-Marinova, Pavlov, Giosan 2016** : FILIPOVA-MARINOVA (M.), PAVLOV (D.), GIOSAN (L.) – Multi-proxy records of Holocene palaeoenvironmental changes in the Varna Lake area, western Black Sea coast, *Quaternary International*, 401, p. 99-108. doi:10.1016/j.quaint.2015.05.009

Marinova 2003 : MARINOVA (E.) – The new pollen core Lake Durankulak-3: a contribution to the vegetation history and human impact in Northeastern Bulgaria, in S. Tonkov (ed) *Aspects of palynology and palaeoecology*. Pensoft, Sofia-Moscow, p. 257-268.

Marinova, Atanassova, 2006 : MARINOVA (E.), ATANASSOVA (J.) – Anthropogenic impact on vegetation and environment during the Bronze Age in the area of Lake Durankulak, NE Bulgaria: Pollen, microscopic charcoal, non-pollen palynomorphs and plant macrofossils, *Review of Palaeobotany and Palynology* 141 (1-2), p. 165-178.

Mudie et al. 2015 : MUDIE (P.), MUDRYK (I.), GERASIMENKO (N.), ROHOZIN (E.) – *Palynology of the Danube Delta and Shelf - Comparison of Methods*. 2015 GSA Annual Meeting, At

Baltimore, Maryland, USA, 47 (7), 204 p.

Popescu et al. 2020 : POPESCU (S.-M.), JIMÉNEZ-MORENO (G.), KLOTZ (S.), LERICOLAIS (G.), GUICHARD (F.), NAMIK ÇAĞATAY (M.), GIOSAN (L.), CALLEJA (M.), FAUQUETTE (S.), SUC (J.-P.) – *Late Quaternary vegetation and climate of SE Europe – NW Asia according to pollen records in three offshore cores from the Black and Marmara seas, Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 1-25, Doi: 10.1007/s12549-020-00464-x

Reille 1992 : REILLE (M.) — *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Marseille, Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, 543 p.

Tonkov et al. 2011 : TONKOV (S.), BEUG (H.-J.), BOZILOVA (E.), FILIPOVA-MARINOVA (M.),

JUNGNER (H.) – Palaeoecological studies at the Kaliakra area, northeastern Bulgarian Black Sea coast: 6000 years of natural and anthropogenic change, *Vegetation History and Archaeobotany*, 20(1), p. 29-40. doi:10.1007/s00334-010-0244-4

Tonkov et al. 2014 : TONKOV (S.), MARINOVA (E.), FILIPOVA-MARINOVA (M.), BOZILOVA (E.) – Holocene palaeoecology and human–environmental interactions at the coastal Black Sea Lake Durankulak, northeastern Bulgaria, *Quaternary International*, 328-329, p. 277-286. doi:10.1016/j.quaint.2013.12.004

van Geel 2001 : VAN GEEL (B.) – Non-pollen palynomorphs, in JP Smol, H.J.B. Birks, W.M. Last (eds) *Tracking environmental change using lake sediments (terrestrial, algal and silicaceous indicators)*, vol 3. Kluwer, Dordrecht, p. 99-119.